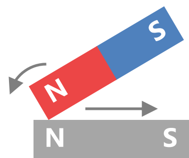
Induksi Magnet

A. PENDAHULUAN

- **Magnet** adalah benda yang menghasilkan medan magnet berupa muatan yang bergerak.
- **Sifat-sifat magnet:**
  1) Memiliki kutub utara dan selatan yang menghasilkan medan magnet.
  2) Tetap memiliki dua buah kutub meski magnet dipotong-potong.
  3) Dapat menarik benda ferromagnetik (mudah ditarik dan dijadikan magnet).

B. PEMBUATAN MAGNET

- **Hipotesis Weber** menjelaskan teori-teori mengenai kemagnetan.
  1) Magnet terdiri atas atom-atom magnetik yang disebut **magnet elementer**.
  2) Magnet memiliki magnet elementer teratur dengan pola lurus, sehingga membentuk dua kutub.
- **Cara pembuatan magnet** dilakukan dengan membuat magnet elementer benda ferromagnetik menjadi teratur, antara lain:
  1) Digosok magnet secara searah.



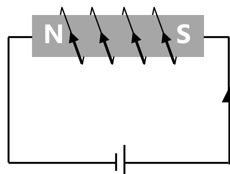
Kutub utara ada pada sisi kiri benda karena penggosokan dimulai dari kiri dan dengan sisi kutub utara.

  2) Ditempelkan dengan magnet lain.

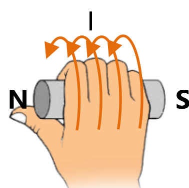


Kutub utara ada pada sisi kiri benda karena sisi kiri adalah tempat kutub selatan menempel.

  3) Dililit kawat dan dialiri arus listrik DC.



Kutub ditentukan dengan kaidah tangan kanan.



C. MEDAN MAGNET DAN INDUKSI MAGNET

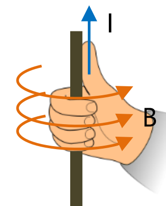
- **Medan magnet** adalah daerah di sekitar magnet yang masih dipengaruhi gaya tarik magnet.
- **Induksi magnet** adalah besar **medan magnet** yang ditimbulkan oleh arus listrik.
- **Medan magnet** menurut percobaan Oersted:

> Di sekitar penghantar berarus listrik, terdapat medan magnet.

- **Induksi magnet** menurut hukum Biot-Savart:

> Induksi magnet pada suatu titik pada penghantar adalah resultan medan magnet yang ditimbulkan oleh muatan yang bergerak.

- **Induksi magnet** menurut Laplace:
  1) Berbanding lurus dengan arus listrik dan panjang kawat penghantar.
  2) Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak suatu titik dari kawat penghantar itu.
  3) Arah induksi magnet tegak lurus dengan bidang yang dilalui arus listrik.
- **Medan magnet** adalah besaran vektor, dan arahnya ditentukan oleh kaidah tangan kanan.



- **Induksi magnet** pada berbagai keadaan:
  1) **Pada penghantar lurus tak berhingga**



$$B = \frac{\mu_o . I}{2\pi . a}$$

B = induksi magnet di titik X (Wb/m^2 atau Tesla)
μ_o = permeabilitas ruang hampa ($4\pi.10^{-7}$ Wb/Am)
I = kuat arus listrik (A)
a = jarak titik X ke penghantar (m)

  2) **Pada penghantar lurus berhingga**



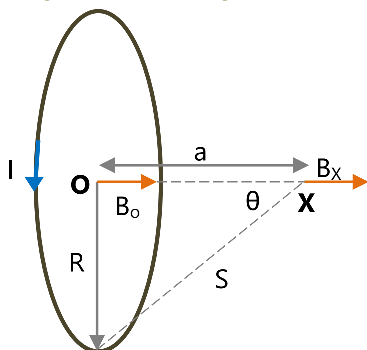
$$B = \frac{\mu_o . I}{4\pi . a}(\cos\theta_1 + \cos\theta_2)$$

$$B = \frac{\mu_o . I}{4\pi . a} . \frac{2L}{a\sqrt{a^2 + L^2}}$$

B = induksi magnet di titik X (Wb/m^2 atau Tesla)
L = panjang penghantar (m)



3) **Pada penghantar melingkar**



Di pusat lingkaran (titik O)

$$B_o = N.\frac{\mu_o.I}{2.R}$$

B_o = induksi magnet di O (Tesla)
N = jumlah lilitan
μ_o = permeabilitas ruang hampa ($4\pi.10^{-7}$ Wb/Am)
R = jari-jari penghantar (m)

Jumlah lilitan penghantar melingkar yang <360° (bukan lingkaran penuh):

$$N = \frac{\theta}{360^o}$$

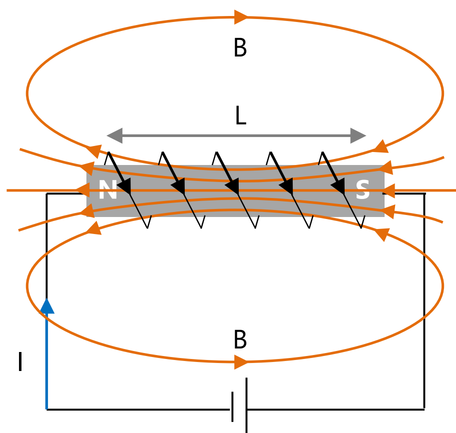
Di sumbu pusat lingkaran (titik X)

$$B_X = B_o.\sin^3\theta \qquad \sin\theta = \frac{R}{S}$$

B_X = induksi magnet di X (Tesla)
B_o = induksi magnet di O (Tesla)
R = jari-jari penghantar (m)
S = jarak titik X ke keliling penghantar (m)

4) **Pada solenoida**

Solenoida adalah penghantar lingkaran dengan jumlah lilitan yang sangat banyak.



Pada pusat solenoida

$$B = \frac{\mu_o.I.N}{L}$$

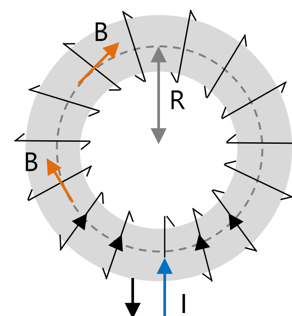
N = jumlah lilitan
L = panjang lilitan (m)

Pada ujung-ujung solenoida

$$B = \frac{\mu_o.I.N}{2L}$$

5) **Pada toroida**

Toroida adalah solenoida yang dibentuk melingkar.



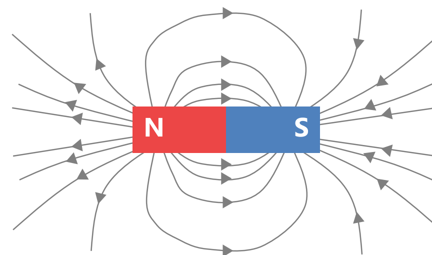
Pada sumbu pusat toroida

$$B = \frac{\mu_o.I.N}{2\pi.R}$$

R = jari-jari toroida (m)

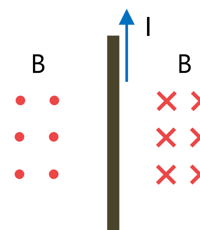
D. FLUKS MAGNET

- **Garis-garis gaya magnet** adalah visualisasi vektor medan magnet yang tidak pernah berpotongan dan kerapatannya menyatakan kekuatan medan.
- **Sifat-sifat garis gaya magnet:**



1) Gaya tarik magnet paling kuat terdapat pada kutub-kutubnya.
2) Arah medan magnet menjauhi kutub utara dan mendekati kutub selatan.
3) Kutub sejenis akan saling tolak-menolak, dan kutub berlawanan akan saling tarik-menarik.

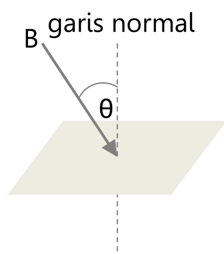
- **Visualisasi tiga dimensi** vektor medan magnet:



1) Tanda (•) menunjukkan bahwa medan magnet keluar dari bidang gambar atau mendekati pengamat.
2) Tanda (×) menunjukkan bahwa medan magnet masuk ke bidang gambar atau menjauhi pengamat.

- **Percobaan Faraday** menjelaskan jumlah garis-garis gaya magnet (fluks magnet) yang menembus suatu permukaan tertutup.



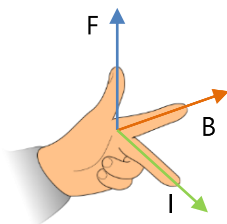


$$\Phi = B.A.\cos\theta$$

Φ = fluks magnet (Wb)
A = luas permukaan yang ditembus (m^2)

E. GAYA LORENTZ

- **Gaya Lorentz (F)** adalah gaya yang timbul pada muatan yang bergerak dalam medan magnet.
- **Gaya Lorentz** adalah besaran vektor, dan arahnya ditentukan oleh kaidah tangan kiri Flemming (tegak lurus arus listrik dan medan magnet).



- **Gaya Lorentz** pada berbagai keadaan:
  1) **Pada penghantar berarus di medan magnet**

  $$F = B.I.L.\sin\theta$$

  F = gaya Lorentz (N)
  B = induksi magnet (T)
  I = kuat arus listrik (A)
  L = panjang penghantar (m)
  θ = sudut antara arus listrik dan medan magnet

  2) **Pada muatan yang bergerak dalam medan magnet**

  $$F = B.q.v.\sin\theta$$

  q = besar muatan benda (C)
  v = kecepatan benda (m/s)
  θ = sudut antara arus listrik dan lintasan muatan

  Jika gerakan membentuk lintasan melingkar, maka jari-jari lintasan dapat dihitung:

  $$R = \frac{mv}{qB} \qquad R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mV}{q}}$$

  R = jari-jari lintasan (m)
  m = massa benda (kg)
  V = potensial listrik (V)

  3) **Pada dua penghantar berarus sejajar**

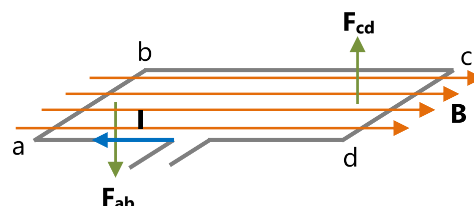
  $$F = \frac{\mu_o.I_1.I_2.L}{2\pi.d}$$

  μ_o = permeabilitas ruang hampa ($4\pi.10^{-7}$ Wb/Am)
  I_1 dan I_2 = kuat arus penghantar 1 dan 2 (A)
  L = panjang penghantar (m)
  d = jarak penghantar (m)

  Gaya Lorentz menyebabkan penghantar saling menarik/menolak.

  Dua penghantar dapat saling menarik jika arus yang dihasilkan searah, dan saling menolak jika arus yang dihasilkan berlawanan.

- **Momen kopel (τ)** adalah momen gaya yang timbul akibat gaya Lorentz sejajar yang berlawanan arah pada dua simpul kumparan.



- **Momen kopel** dapat dihitung:

$$\tau = N.B.I.A.\sin\theta$$

τ = momen kopel (Nm)
A = luas penampang kumparan (m^2)
θ = sudut antara b dan a

F. APLIKASI GAYA LORENTZ

- **Aplikasi gaya Lorentz** antara lain adalah motor listrik, galvanometer, relai, speaker, dan kereta Maglev.
- **Motor listrik** adalah alat yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak.
- **Komponen motor listrik** terdiri atas kumparan berarus (rotor/berputar), magnet (stator/diam), dan komutator (cincin belah).
- **Cara kerja motor listrik:**
  1) Arus listrik yang melewati medan magnet menimbulkan **momen kopel**.
  2) Momen kopel menyebabkan kumparan berputar dan menggerakkan motor.
  3) Komutator berfungsi untuk menjaga agar arus listrik tetap DC.
- **Galvanometer** adalah komponen yang dapat mendeteksi arus listrik lemah, yang prinsip kerjanya sama dengan motor listrik.
- **Galvanometer** terdapat pada amperemeter dan voltmeter.
- **Relai** adalah komponen yang terdiri atas kumparan yang dililit pada besi.
- **Cara kerja relai:**
  1) Kumparan yang diberi energi akan menimbulkan medan magnet.
  2) Medan magnet akan menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme saklar.
- **Speaker** adalah alat yang digunakan sebagai pengeras suara.



- **Komponen speaker** terdiri atas kerucut, kumparan solenoida dan magnet.
- **Cara kerja speaker:**
  1) Kumparan solenoida dipasang pada salah satu kutub magnet sehingga menghasilkan gaya Lorentz dari arus listrik AC.
  2) Gaya Lorentz berperan mengubah gelombang arus listrik AC tertentu dari *receiver* menjadi gelombang bunyi dengan frekuensi tertentu.
  3) Kerucut dipasang di depan kumparan untuk menerima dan menyebarkan gelombang bunyi yang dihasilkan.
- **Kereta Maglev** adalah kereta yang mengubah energi listrik menjadi energi gerak menggunakan induksi magnet.
- **Di bagian bawah kereta** terdapat magnet listrik, yang melayang di atas rel bermagnet listrik. Kereta dapat bergerak lebih cepat karena gaya gesekan berkurang.

